

氏 名	宋 樹 剛
学 位 の 種 類	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 4921 号
学位授与年月日	平成 18 年 9 月 29 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当者
学 位 論 文 名	高変形能高力ボルトを用いた引張接合継手およびそれを活用した橋梁構造物の耐震設計のための力学的挙動に関する研究
論文審査委員	主 査 教 授 北 田 俊 行 副 査 教 授 坂 壽 二 副 査 教 授 谷 池 義 人 副 査 助 教 授 山 口 隆 司

論 文 内 容 の 要 旨

本研究では、高変形能高力ボルトと被接合部材の局部変形を積極的に利用した半剛結接合構造を橋梁部材の接合部の一形式として確立させ、接合部におけるエネルギー吸収能などの力学的挙動について詳細に検討した。さらに、鋼アーチ橋を対象に、半剛結接合により耐震性能の向上が可能であることを示した。

第 1 章では、本研究の背景および本論文に関連する規定および既往の研究などについて述べ、また、本研究の目的と研究手法、本論文の概要をまとめた。

第 2 章では、高変形能高力ボルトを用いた高力ボルト引張接合部の耐荷力および変形性能を評価するために、スプリットティー接合構造を対象に、崩壊モードに注目した単調載荷実験を行い、高変形能高力ボルトを用いたスプリットティー接合の性能について実験結果をもとに議論した。さらに、既存の設計基準における耐荷力評価式への本構造形式の適用を試み、これらの基準に基づいた場合の性能評価方法について議論した。その結果、耐震継手構造として高変形能高力ボルトを用いた引張接合が適用できる可能性があることを明らかにするとともに、既存の性能評価手法が適用できる構造詳細に制限はあるが、基本的には適用可能であることを示した。

第 3 章では、高変形能高力ボルトを用いた半剛結接合部の力学的挙動について詳述した。主として、静的特性について、高変形能高力ボルト単体のみならず、被接合部材の局部変形にも着目し、相互のインタラクションも考慮した。高力ボルト引張接合の力学挙動に支配的なてこ反力や継手面間の接触力などの挙動については載荷実験のみでは解明が困難な点もあり、汎用の有限要素解析コードを用いた詳細解析もあわせて行うために、載荷実験結果を精度良く再現できる有限要素モデルを構築し、その適用に問題がないことを示した。

第 4 章では、高変形能高力ボルトを用いた半剛結接合部を有する鋼製柱脚基部の制震性能について検討した。前章と同様に、アンカーボルトの塑性変形の他に、被接合部材の局部変形にも注目した。本研究では、汎用構造解析コードABAQUSを用いて、この高変形能高力ボルトを用いた長締め引張接合基部構造に対して境界非線形性を考慮した弾塑性有限変位解析を行い、その力学的挙動と高変形能高力ボルトを用いた場合の変形性能の改善に対する有効性について検討した。

第 5 章では、半剛結接合による上路式鋼アーチ橋の耐震性向上策について検討した。高変形能高力ボルトの高変形性能に着目し、ボルトとフランジとによりエネルギーを吸収させる半剛結接合継手をアーチ橋の支材と主構造との接合部に適用した。ここでは、解析コードEPASS/USSPを用いて、実際のアーチ橋を想定した解析モデルを対象に、接合部に半剛結接合継手を用いた場合の耐荷力、変形性能などの性能を複合非線形時刻歴動的応答解析により評価した。その結果、大地震時に主構造に発生する変形と力とをあるレベルまで減少させ、アーチ橋梁全体の耐震性能を向上できることを実証した。

第6章では、本研究で得られた研究成果についてまとめた。

論文審査の結果の要旨

本論文では、通常の高力ボルトの軸部をねじ部よりも若干細くして変形性を良くした高変形能高力ボルトと、それによって結合される部材部分である被接合部との局所的な塑性変形を積極的に利用した半剛結継手構造を、耐震性の改善が必要な橋梁の部材と部材との継手構造の一つとして確立させようとしている。

これまでにあまり注目されてこなかった鋼構造物の継手部の剛性とその強度とに注目し、これらを、完全に剛な継手構造とするのではなく、積極的に半剛結継手構造として評価し、その制震効果により、構造物の耐震性能を向上させようとしている点にこの論文の独創性と特色がある。

まず、半剛結継手構造を実現する手法として、高変形能高力ボルトを用いた引張接合継手構造を取り上げている。この構造を対象に、有限要素法と載荷実験との両面から、継手接合面の離間挙動、継手部におけるエネルギー吸収量などの力学的挙動について詳細に検討し、高変形能高力ボルト引張接合継手を用いることで、塑性変形能を有する半剛結継手構造が得られることを明らかにしている。

次に、柱基部に高変形能高力ボルトを用いた半剛結継手柱脚基部構造を取り上げ、有限要素法によるパラメトリック解析を行い、この構造の剛性およびエネルギー吸収能の特性を明らかにしている。また、エネルギー吸収量の面から見た望ましい破壊モードについても検討・考察している。

さらに、半剛結継手構造による橋梁構造の耐震性の向上効果について検討するために、地震に対して厳しい構造形式である上路式鋼アーチ橋の1実橋を対象に、そのアーチ主構造の上に設けて床版構造を支える鉛直支柱とそれらを橋軸直角方向に連結する横梁との継手部に半剛結接合構造を適用した場合を対象にしている。この対象構造を骨組構造にモデル化した動的な弾塑性有限変位解析を行い、半剛結継手部の剛性の変化および塑性化による構造全体の応答の低減効果、塑性化する部材数の減少効果を明らかにし、半剛結継手構造採用による制震効果について考察している。結果として、半剛結継手構造は、制震効果よりも免震効果の方が大きく、半剛結継手構造のみでもある程度の制震効果は期待できるが、制震効果の大きい塑性履歴ダンパーとの併用によって、その耐震効果が大いに期待できる可能性のあることを示唆している。

以上のように、本論文は、高変形能高力ボルトを用いた引張接合継手の耐荷力と変形性能との特性を定量的に明らかにするとともに、それを上路式鋼アーチ橋に適用した場合の耐震性の向上効果に関して、実用的に有用な多くの知見を得ている。これらの研究成果は、橋梁工学をはじめとし、構造工学の発展に寄与するところが大きいと考えられる。したがって、本論文の著者は、博士（工学）の学位を受ける資格を有すると認める。